

# Penaksiran Kadar Porositas Dengan Ukuran Grid Yang Kecil

Amran<sup>†</sup>

## Abstrak

Metode dekomposisi Lower-Upper (LU) banyak digunakan dalam karakterisasi reservoir secara geostatistik disebabkan karena mudah digunakan, melakukan simulasi bersyarat secara serempak, tidak terbatas pada bentuk fungsi kovariansi sehingga dapat juga dilakukan pada kasus anisotropik. Untuk matriks kovariansi data dan grid berukuran lebih dari 1000x1000, metode ini tidak memungkinkan untuk digunakan lagi. Dalam tulisan ini akan dibahas suatu pengembangan metode dekomposisi LU untuk dimensi matriks kovariansi lebih dari 1000, melalui teori dekomposisi ring matriks kovariansi grid. Dengan menganggap bahwa matriks kovariansi grid sebagai suatu matriks gelanggang atas lapangan riil ( $\mathbb{R}$ ), matriks ini dapat dinyatakan sebagai jumlah langsung dari sub modul. Selanjutnya dengan dekomposisi LU pada sub modul ini diperoleh matriks segitiga bawah  $L$  yang digunakan untuk membangun realisasi dekomposisi ring. Dengan menggunakan data eksperimental dan ukuran grid yang sama, metode dekomposisi LU dan metode dekomposisi ring membangun realisasi yang serupa dan variogram yang direproduksi kedua metode ini dapat mempertahankan bentuk variogram data eksperimental. Dekomposisi ring secara signifikan memberi peningkatan ukuran data eksperimental dan grid yang akan disimulasikan.

**Keywords:** Karakteristik reservoir, simulasi stokastik, variogram, dekomposisi LU, kovariansi grid, gelanggang sub modul, dekomposisi ring.

## 1. Pendahuluan

Karakterisasi reservoir umumnya didefinisikan sebagai suatu proses mendeskripsikan berbagai jenis karakteristik reservoir dengan menggunakan berbagai jenis data yang ada (Kelkar, 1994).

Ada dua tujuan Geostatistik dalam karakterisasi reservoir, yakni :

1. Mengestimasi hubungan spasial nilai variabel pada lokasi yang tidak mempunyai data eksperimental (*observed*).
2. Mensimulasi ketidakpastian estimasi yang dilakukan.

Metode geostatistik yang biasa digunakan untuk mencapai kedua tujuan tersebut ialah metode kriging dan simulasi stokastik dengan data sampel berfungsi sebagai data kontrol (syarat) atau dikenal sebagai *Simulasi Bersyarat*. Perbedaan kedua metode ini terletak pada tujuannya (Journel & Huijbregts, 1978).

Jika ingin mengetahui variabilitas spasial atau distribusi variabel di suatu lokasi deposit maka digunakan simulasi stokastik, pada simulasi stokastik gambaran variabilitas sebenarnya dapat diperoleh, disebabkan karena momen orde duanya sama dengan momen orde dua data eksperimental, momen orde dua menunjukkan variabilitas variabel spasial di suatu lokasi.

---

<sup>†</sup> Staf Pengajar pada Jurusan Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar

Sehingga untuk mendapatkan gambaran tentang variabilitas spasial pada suatu lokasi deposit simulasi stokastik dapat melakukannya.

Salah satu metode estimasi yang biasa digunakan dalam simulasi bersyarat ialah Simulasi Stokastik dengan Dekomposisi LU (*Lower-Upper*), dan untuk kemudahan disingkat dengan SSDLU. Dalam melakukan estimasi dan mensimulasi ketidakpastiannya, digunakan parameter variogram model. Parameter yang dimaksud antara lain : range ( $a$ ), sill ( $Co$ ), dan lain-lain. Berdasarkan nilai parameter ini dilakukan proses estimasi di lokasi yang tidak mempunyai data eksperimental.

Dalam prakteknya SSDLU membagi suatu lokasi deposit menjadi beberapa grid, seluruh grid yang dibuat menutupi lokasi yang akan diestimasi, nilai estimasi lokasi deposit dihitung berdasarkan nilai estimasi setiap lokasi grid yang telah dibuat. Dari hasil estimasi ini kita dapat mendeskripsikan reservoir yang dikenal dengan model numerik reservoir. Simulasi stokastik yang menggunakan grid sebagai representasi lokasi sebenarnya disebut simulasi berbasis grid.

Hasil estimasi SSDLU selain mendapatkan nilai variabel pada lokasi yang tidak mempunyai sampel, juga dapat mereproduksi variogram eksperimental baru, dengan memeriksa variogram yang direproduksi dari data estimasi kita dapat mengukur keakuratan hasil estimasi. Jika variogram data estimasi secara signifikan tidak berbeda atau ‘mirip’ dengan variogram data eksperimental dikatakan hasil tersebut cukup akurat namun sebaliknya jika variogram data estimasi secara signifikan berbeda dengan data eksperimental maka perlu dilakukan perbaikan agar hasil estimasi menjadi akurat.

Jika jumlah data dan grid sedikit dan banyak realisasi yang diinginkan maka SSDLU mampu memberikan solusi yang cepat (Deutsch & Journel, 1992), namun di sisi lain SSDLU cukup efektif jika jumlah data dan grid kurang dari seribu (Dowd & Sarac, 1992). Sehingga untuk jumlah data dan grid yang lebih dari seribu dan beberapa realisasi yang diinginkan, SSDLU sudah tidak akurat lagi mengukur variabilitas spasial variabel di lokasi deposit yang diamati. Ini disebabkan karena keterbatasan komputasi yang harus digunakan untuk metode ini.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat digunakan Simulasi Stokastik dengan Dekomposisi Ring (SSDR). SSDR merupakan pengembangan baru dari SSDLU. SSDR dapat dilakukan untuk jumlah data dan grid serta realisasi yang lebih banyak.

Penelitian ini bermaksud untuk memberikan alternatif pengembangan dekomposisi LU dengan ukuran data eksperimental dan grid yang besar. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat prediksi variabilitas spasial porositas dengan metode dekomposisi ring pada suatu lokasi deposit khususnya prediksi variabilitas porositas lapangan minyak Jatibarang.

Lapangan minyak Jatibarang terletak di Kabupaten Indramayu memanjang dari timur ke barat  $\pm 16$  km dan dari utara ke selatan  $\pm 10$  km. Minyak dan gas-bumi ditemukan pada basin Jawa Barat yang merupakan suatu antiklinal di bawah permukaan yang tidak selaras dari zona 400 sampai 1200m, memanjang dari timur-barat. Dua patahan besar melintang dari utara-selatan membagi lapangan menjadi tiga blok atau patahan. Selain patahan besar juga terdapat beberapa patahan kecil. Dalam penelitian ini akan digunakan 83 data sumur sampel dengan koordinat 11700m sampai 18300m arah timur-barat dan -3400m sampai 3400m arah utara-selatan.

Karakterisasi reservoir merupakan suatu proyek multidisiplin dan melibatkan banyak data sehingga karena faktor tersebut dan keterbatasan waktu studi ini dibatasi sebagai berikut :

1. Karakteristik reservoir yang diteliti ialah porositas.
2. Data porositas yang digunakan diasumsikan homogen dan mengikuti proses spasial stasioner orde dua.
3. Metode simulasi yang digunakan ialah Simulasi Bersyarat dekomposisi Ring.
4. Model grid yang digunakan ialah grid persegi. Model variogram node dipilih berdasarkan informasi dari lokasi data eksperimental.

## 2. Metode Dekomposisi Ring

Metode dekomposisi ring merupakan pengembangan metode dekomposisi LU yang terbatas pada jumlah data eksperimental dan grid yang kecil. Dengan dekomposisi ring dapat dilakukan dekomposisi matriks yang mempunyai jumlah grid dan data eksperimental yang besar. Teori dekomposisi ring dapat digunakan untuk mereduksi pemakaian memori secara signifikan.

Suatu  $R$ -modul adalah perumuman dari suatu ruang vektor dengan skalar merupakan unsur suatu ring (gelanggang). Jumlah subgroup suatu  $R$ -modul adalah sub-modul.  $R$ -modul adalah jumlah langsung ( $\oplus$ ) dari sub-modul (Kasch, 1982).

$M$  disebut jumlah langsung dari himpunan  $\{B_i \mid i \in I\}$  sub-modul dari  $M$ , dilambangkan dengan :

$$M = \bigoplus_{i \in I} B_i \Leftrightarrow \begin{cases} M = \sum_{i \in I} B_i & (1) \\ \forall j \in I, [B_j \cap \sum_{\substack{i \in I \\ i \neq j}} B_i = 0] & (2) \end{cases}$$

dimana  $\sum_{i \in I} B_i = \left\{ \sum_{finite} b_i \mid b_i \in B_i \right\}$ .  $M = \bigoplus_{i \in I} B_i$ , disebut juga sebagai dekomposisi langsung  $M$  atas sub-modul  $\{B_i \mid i \in I\}$ , dan diasumsikan  $0 \in B_i, \forall i \in I$ . Dalam kasus  $I = \{1, 2, \dots, n\}$  hingga,  $M$  juga ditulis sebagai :

$$M = B_1 \oplus B_2 \oplus \dots \oplus B_n$$

**Teorema :** Misal  $\{B_i \mid i \in I\}$  sub-modul,  $B_i \in M$  dan  $M = \sum_{i \in I} B_i$ , maka persamaan (2) ekuivalen dengan :  $\forall x \in M$ , penulisan  $x = \sum_{i \in I'} b_i$ , dengan  $B_i \in B_i, I' \subset I, I'$  hingga, adalah tunggal.

**Bukti.**

Andaikan  $x = \sum_{i \in I'} b_i$  tidak tunggal, maka

$$x = \sum_{i \in I'} b_i = \sum_{i \in I'} c_i \Leftrightarrow \sum_{i \in I'} b_i - \sum_{i \in I'} c_i = 0$$

$$\sum_{i \in I'} (b_i - c_i) = 0 \quad (3)$$

karena  $b_i, c_i \in B_i, \forall i \in I$ . Jadi  $b_i - c_i \in B_i, \forall i \in I$ . Akibatnya, persamaan (3) hanya dipenuhi oleh  $b_i - c_i = 0$ , sehingga  $b_i = c_i, \forall i \in I$ .

**Corollary.** Jika  $M$  adalah suatu matriks gelanggang atas lapangan  $\mathcal{R}$ , maka  $M$  adalah suatu jumlah langsung  $B_i$  dengan  $B_i$  adalah baris ke- $i$  elemen  $M$ .

Berdasarkan corollary ini dan karena  $C$  dapat juga dipandang sebagai matriks gelanggang atas lapangan  $\mathcal{H}$ , maka  $C$  adalah jumlah langsung dari  $B_i$ .

Misal  $C = (C_{ij})_{n \times n}$ ,  $e_i = (0, \dots, 0, I, 0, \dots, 0)$ ,  $I$  matriks identitas. Definisikan  $B_i = e_i C$ , maka

$$C = \oplus B_i \quad \text{dan} \quad e_i C = (C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in})$$

Karena vektor  $(C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in})$  dapat diidentifikasi dengan  $B_i$ , akibatnya :

$$\begin{aligned} C &= e_1 C \oplus e_2 C \oplus \dots \oplus e_n C \\ &= B_1 \oplus B_2 \oplus \dots \oplus B_n \end{aligned}$$

Selanjutnya dekomposisikan  $B_i$  menjadi matrik segitiga bawah dan matriks segitiga atas sebagai berikut :

$$B_i = e_i C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & C_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1n} \\ 0 & L_{22} & \dots & L_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & L_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ 0 & u_{22} & \dots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & u_{nn} \end{pmatrix} = L_i U_i$$

dapat digunakan dekomposisi :

$$\begin{aligned} L_{11} U_{11} &= C_{11} && \text{(gunakan dekomposisi LU)} \\ L_{i1} &= C_{i1} && i \geq 2 \\ L_{ij} &= C_{ij} - C_{ij} && 2 \leq j \leq i-1 \\ L_{ii} U_{ii} &= C_{ii} - C_{ii} && i \geq 2 \text{ (gunakan dekomposisi LU)} \\ L_{ij} &= 0 && j > i \end{aligned}$$

Contoh. Misal diketahui  $C$  matriks kovariansi, grid simulasi berukuran  $500(nx) \times 3(ny)$ , jumlah grid =  $500 \times 3 = 1500$  grid. Partisi matriks  $C$  menjadi,

$$C = \begin{pmatrix} C_{DD} & C_{DG} \\ C_{DG} & C_{GG} \end{pmatrix}$$

$C_{GG}$  berukuran  $1500 \times 1500$ , selanjutnya lakukan partisi pada  $C_{GG}$  menjadi :

$$C_{GG} = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 \\ C_4 & C_5 & C_6 \\ C_7 & C_8 & C_9 \end{pmatrix}$$

$C_i$  berukuran  $(500 \times 500) = (nx \times nx)$  dan  $(ny \times ny) = (3 \times 3)$ . Gunakan teorema dekomposisi ring pada  $C_{GG}$  diperoleh,

$$C_{GG} = e_1 C_{GG} \oplus e_2 C_{GG} \oplus e_3 C_{GG}$$

$e_1 = (I, 0, 0)$ ,  $e_2 = (0, I, 0)$  dan  $e_3 = (0, 0, I)$ , maka

$$C_{GG} = \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ C_4 & C_5 & C_6 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ C_7 & C_8 & C_9 \end{pmatrix}$$

## Amran

Penyelesaian untuk  $ny = 1$ ,

$$\begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ A_1 & L_3 & 0 \\ A_2 & A_3 & L_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 & B_1 & B_2 \\ 0 & U_2 & B_3 \\ 0 & 0 & U_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} L_1 U_1 &= C_1 & A_1 U_1 &= 0 & A_2 U_1 &= 0 \\ L_1 B_1 &= 0 & A_1 B_1 + L_2 U_2 &= 0 & A_2 B_1 + A_3 U_2 &= 0 \\ L_1 B_2 &= 0 & A_1 B_2 + L_2 B_3 &= 0 & A_2 B_2 + A_3 B_3 + L_3 U_3 &= 0 \end{aligned}$$

diperoleh :

$$\begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 & L_1^{-1} C_2 & L_1^{-1} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Penyelesaian untuk  $ny = 2$ ,

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ C_4 & C_5 & C_6 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ A_1 & L_3 & 0 \\ A_2 & A_3 & L_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 & B_1 & B_2 \\ 0 & U_2 & B_3 \\ 0 & 0 & U_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} L_1 U_1 &= 0 & A_1 U_1 &= C_4 A_2 U_1 & &= 0 \\ L_1 B_1 &= 0 & A_1 B_1 + L_2 U_2 &= C_5 & A_2 B_1 + A_3 U_2 &= 0 \\ L_1 B_2 &= 0 & A_1 B_2 + L_2 B_3 &= C_6 A_2 B_2 + A_3 B_3 + L_3 U_3 & &= 0 \end{aligned}$$

diperoleh :

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ C_4 & C_5 & C_6 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ c_4 & L_{C_5-C_4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & I & I \\ 0 & U_{C_5-C_4} & L_{C_5-C_4}^{-1} (C_6 - C_4) \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Penyelesaian untuk  $ny = 3$ ,

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ C_7 & C_8 & C_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & 0 & 0 \\ A_1 & L_3 & 0 \\ A_2 & A_3 & L_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_1 & B_1 & B_2 \\ 0 & U_2 & B_3 \\ 0 & 0 & U_3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} L_1 U_1 &= 0 & A_1 U_1 &= 0 & A_2 U_1 &= C_7 \\ L_1 B_1 &= 0 & A_1 B_1 + L_2 U_2 &= 0 & A_2 B_1 + A_3 U_2 &= C_8 \\ L_1 B_2 &= 0 & A_1 B_2 + L_2 B_3 &= 0 & A_2 B_2 + A_3 B_3 + L_3 U_3 &= C_9 \end{aligned}$$

diperoleh :

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ C_7 & C_8 & C_9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ C_7 & C_8 - C_7 & L_{C_9-C_8} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & I & I \\ 0 & I & I \\ 0 & 0 & U_{C_9-C_8} \end{pmatrix}$$

dimana  $L_{Ck-CI}$  dan  $U_{Ck-CI}$  masing-masing adalah matriks segitiga bawah dan matriks segitiga atas yang diperoleh melalui dekomposisi LU.

Untuk menentukan nilai simulasi bersyarat pada setiap grid dapat digunakan persamaan :

$$y_G = L_{GD} L_{DD}^{-1} z_D + L_{GG} w_G$$

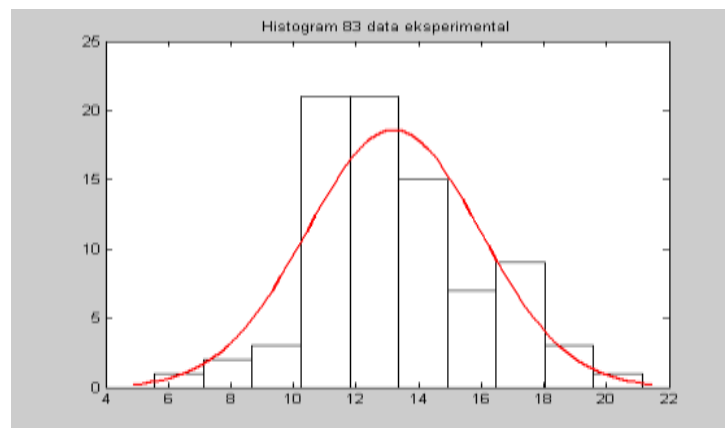
dimana  $L_{GD}$  dan  $L_{DD}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan (3).

### 3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan 83 data eksperimental yang digunakan, diperoleh statistik deskriptif dan grafik histogram sebagaimana yang diberikan pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif 83 Data Eksperimental

Statistik	83 Data eksperimental
Mean	13.19518
St.Deviasi	2.766257
Koef.variasi	0.209641
Minimum	5.57
Maksimum	21.14



Gambar 1. Histogram 83 Data Eksperimental.

Model variogram 83 data eksperimental ini dapat dihipotesis dengan :

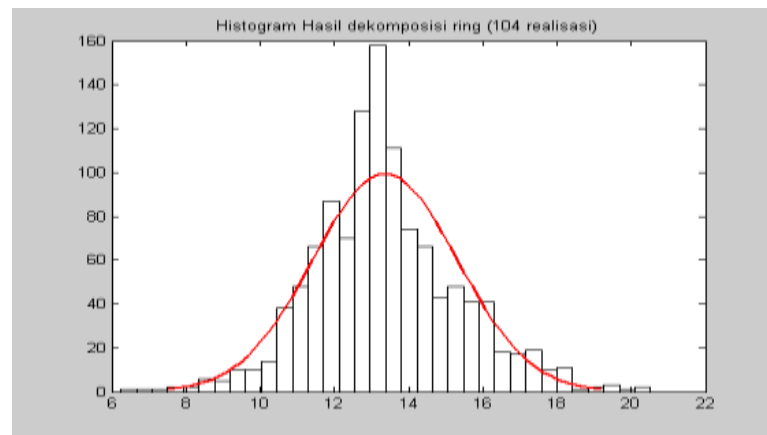
Model (isotropik) : Sferikal  
 Range : 2000m, dan  
 Sill : 7.5

Lokasi 83 data eksperimental, didefinisikan grid 33 x 35 berukuran 200m x 200m, sehingga jumlah grid keseluruhannya ialah 1155, total data dan grid yaitu :  $1155 + 83 = 1238$ , sehingga ukuran matriks kovariansi yang akan terbentuk yakni  $1238 \times 1238$  merupakan jumlah yang sangat besar bagi dekomposisi LU.

Dengan menggunakan dekomposisi ring pada matrik kovariansi grid, diperoleh hasil estimasi dengan statistik deskriptif dan histogramnya sebagai berikut.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Hasil Estimasi Dekomposisi Ring

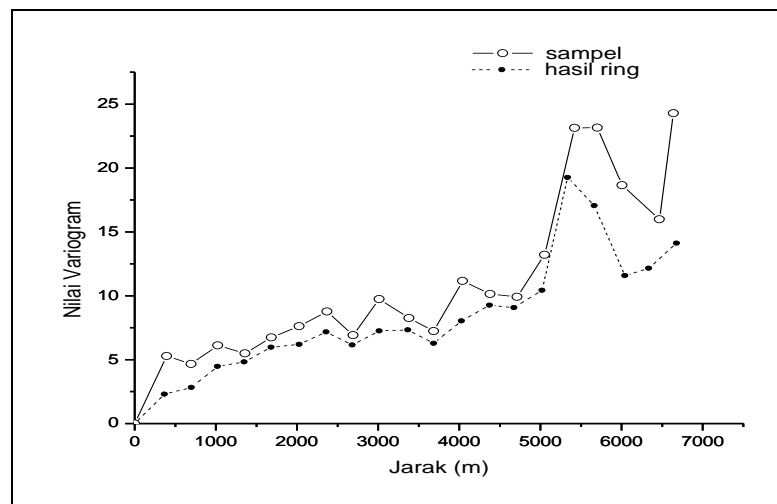
Statistik	83 Data eksperimental
Mean	13.36273
St.Deviasi	1.946215
Koef.variasi	0.209641
Minimum	6.252587
Maksimum	20.51739



Gambar 2. Histogram Hasil Estimasi Dekomposisi Ring.

Jika dibandingkan antara hasil estimasi dekomposisi ring matriks kovariansi grid dengan data eksperimental maka dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata distribusinya mempunyai selisih yang amat kecil yakni hanya : 0.16755, sehingga boleh dikatakan bahwa nilai rata-rata distribusi metode dekomposisi ring hampir sama dengan nilai rata-rata distribusi data eksperimental.

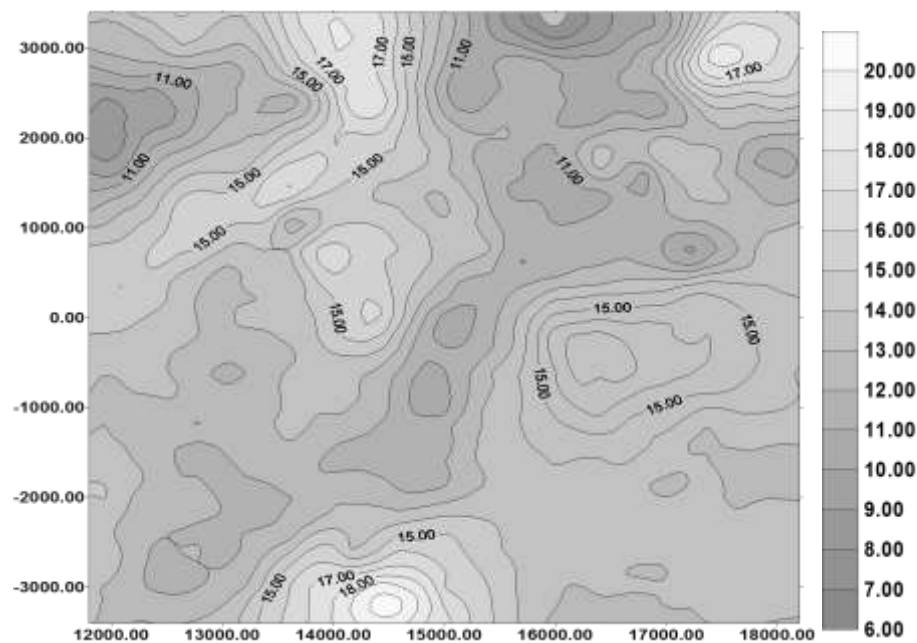
Pada Gambar 3 ditunjukkan perbandingan variogram data eksperimental dengan variogram hasil estimasi dekomposisi ring yang menunjukkan kemiripan bentuk dan nilai parameternya.



Gambar 3. Perbandingan Variogram Hasil Estimasi Dekomposisi Ring dan Variogram Data Eksperimental.

Berdasarkan uji *fit comparison* untuk kedua variogram diperoleh nilai  $p\text{-value} = 0.848401 > 0.05 = \alpha$ , sehingga disimpulkan bahwa kedua grafik tidak berbeda secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

Dari hasil estimasi ini pada lapangan minyak Jatibarang menunjukkan bahwa distribusi dan variogram hasil estimasi dekomposisi ring serupa dengan distribusi dan variogram data eksperimental. Berikut disajikan hasil estimasi porositas pada lapangan minyak Jatibarang menggunakan 83 data eksperimental melalui dekomposisi ring matriks kovariansi grid dengan 103 realisasi yang ditampilkan dalam kontur kadar porositas.



Gambar 4. Hasil Estimasi Porositas Lokasi Minyak Jatibarang dengan Dekomposisi Ring.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa pada koordinat  $14.000 < x < 16.000$  dan  $y > 2200$ ,  $x > 17.000$  dan  $y > 2000$ ,  $13600 < x < 15000$  dan  $y < -2600$ , serta  $13600 < x < 15600$  dan  $0 < y < 1800$ , merupakan daerah potensial untuk dikelola karena memiliki nilai rata-rata kadar porositas lebih tinggi daripada kadar porositas lokasi lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Metode Dekomposisi *Lower-Upper* (LU) banyak digunakan dalam karakterisasi reservoir karena mudah untuk digunakan, menjalankan simulasi dengan data bersyaratnya secara serempak, tidak terbatas pada bentuk fungsi kovariansi, sehingga dapat pula digunakan pada kasus anisotropik.

Metode Dekomposisi Ring merupakan pengembangan dari metode dekomposisi LU untuk dimensi matriks kovariansi yang cukup besar. Dengan asumsi bahwa matriks kovariansi sebagai suatu matriks gelanggang atas lapangan riil ( $\mathcal{H}$ ), matriks ini selanjutnya dinyatakan



sebagai jumlah langsung dari sub modul. Dekomposisi LU dilakukan pada sub modul ini untuk membuat suatu realisasi dekomposisi ring.

Dengan menggunakan 83 data eksperimental pada lapangan minyak Jatibarang, dapat dilihat bahwa hasil estimasi pada lapangan minyak Jatibarang menunjukkan bahwa distribusi dan variogram hasil estimasi dekomposisi ring serupa dengan distribusi dan variogram data eksperimental. Hal terlihat dari nilai rata-rata distribusinya mempunyai selisih yang amat kecil yakni hanya sebesar 0.16755.

Penggunaan dekomposisi ring pada matrik kovariansi lokasi grid, dapat meningkatkan ukuran data eksperimental dan grid yang akan disimulasikan.

## Daftar Pustaka

- [1] Armstrong, M., 1998, "*Basic Linier Geostatistics*", Springer, Berlin.
- [2] Cressie, N.A.C., 1993, "*Statistics for Spatial Data, Revised Edition*", John Wiley & Sons Inc., New York.
- [3] Deutsch, C.V., and Journel, A.G., 1992, "GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide", Oxford University Press, New York.
- [4] Fetkovich, M.J., 1980, "Decline curve analysis using type curves", *SPE 4629*, pp : 1065 – 1077.
- [5] Hohn, M.E., 1999, "*Geostatistics and Petroleum Geology, Second Edition*", Kluwer Academic Publisher, Dardrecht.
- [6] Kitanidis, P.K., 1999, "*Introduction to Geostatistics: Applications to Hydrogeology*", Cambdridge University Press, New York.
- [7] Matheron, G., 1963, "Principles of geostatistics", *Economic Geology*, 58, pp : 1246 - 1266.